

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-306783

(43)Date of publication of application : 02.11.2000

(51)Int.Cl.

H01G 9/058

(21)Application number : 11-114153

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 21.04.1999

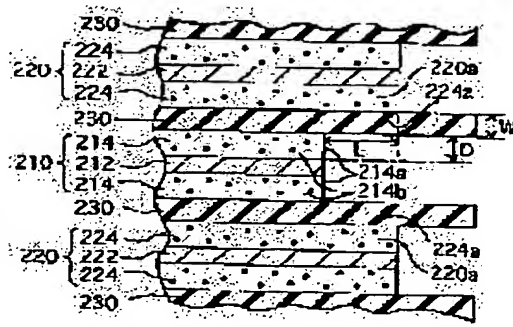
(72)Inventor : SHIMIZU TATSUHIKO
KUSAMA KAZUYUKI
YANO TSUYOSHI

(54) ELECTRIC DOUBLE-LAYER CAPACITOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To lengthen service life of an electric double layer capacitor provided with a positive pole which is constituted by forming a positive pole active material layer containing a positive pole active material on a current collector body.

SOLUTION: A positive pole 210 and a negative pole 220 are so placed that a side end surface 214a of a positive pole active material layer 214 faces a surface 224a of the negative pole 220 over the entire perimeter. In this constitution, deterioration at a side end part 214b of the positive pole active material layer 214 is suppressed, and deterioration of charge/discharge property is suppressed more than in conventional electric double layer capacitors, even if charge and discharge are repeated many times, so that service life is lengthened.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3526236

[Date of registration] 27.02.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-306783

(P2000-306783A)

(43) 公開日 平成12年11月2日(2000.11.2)

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード(参考)

H 0 1 G 9/058

H 0 1 G 9/00

3 0 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-114153

(22) 出願日 平成11年4月21日(1999.4.21)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 清水 達彦

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 草間 和幸

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 矢野 剛志

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100081776

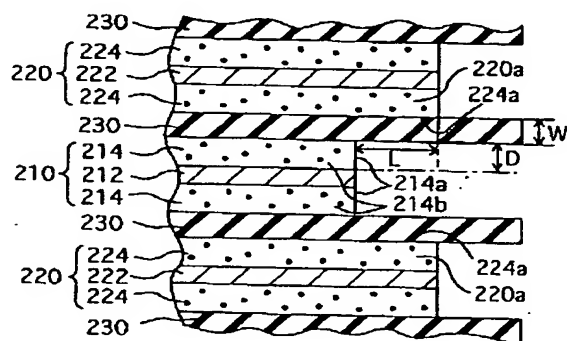
弁理士 大川 宏

(54) 【発明の名称】 電気二重層キャパシタ

(57) 【要約】

【課題】 集電体上に正極活物質を含む正極活物質層が形成されてなる正極を備えた電気二重層キャパシタについて、従来のものよりもさらに寿命を長くする。

【解決手段】 正極210と負極220とが、正極活物質層214の側端面214aが全周にわたって負極220の表面224aと向き合うように配設する。この構成によれば、正極活物質層214の側端面部214bでの劣化を抑制することができ、充放電を多数繰り返してもその充放電特性の低下が従来の電気二重層キャパシタよりも抑制されて、その寿命が長くなる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 集電体上に正極活物質を含む正極活物質層が形成されてなる正極と、負極とを備えている電気二重層キャパシタにおいて、

前記正極と前記負極とが、前記正極活物質層の側端面が全周にわたって負極の表面と向き合うように配設されていることを特徴とする電気二重層キャパシタ。

【請求項 2】 前記負極は、前記正極活物質層の前記側端面に対して突出する突出部を有し、かつ該側端面は該突出部の表面と向き合う請求項 1 に記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項 3】 前記突出部の突出長さは、前記正極活物質層の側端面での層厚と、該正極活物質層の側端面と該負極の表面との距離とを足し合わせた長さ以上にある請求項 2 に記載の電気二重層キャパシタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気自動車等のバッテリーとして用いることのできる電気二重層キャパシタに関し、特に正極集電体上に正極活物質を含む正極活物質層が形成されてなる正極を備えている電気二重層キャパシタに関する。

【0002】

【従来の技術】電気二重層キャパシタは、一對の電極と、それらの電極間に介在する電解液とから構成されている。多くの電気二重層キャパシタでは、一方の電極を正極に特化させて用い、他方の電極を負極に特化させて用いられている。こうした電気二重層キャパシタにおいては、一般に、正極での集電性を高めるために、集電体上に正極活物質を含む正極活物質層が形成されてなる正極が用いられている。この正極活物質層の多くは、粉末状の電極活物質が結着剤によって互いにかつ集電体に結着されて形成されている。

【0003】また、その負極にも、負極での集電性を高めるために、集電体上に負極活物質を含む負極活物質層が形成されてなる負極が用いられている。その負極活物質層も正極と同様の方法により形成されている。一方、正極及び負極の電極構造としては、例えば図 7 及び図 8 に示すように、それぞれシート状の形状をもつ正極板 10 及び負極板 20 が交互に積層されている電極体（以下、積層型の電極体と称する）や、ここでは図示しないが、それぞれ帯状の形状をもつ正極板及び負極板が互いに重ね合わせられて巻回されている電極体（以下、巻回型の電極体）などがある。なお、図 8 では、正極板 10 として、集電体 12 上に正極活物質を含む正極活物質層 14 が形成されてなるものを示し、負極板 20 として、集電体 22 上に負極活物質を含む負極活物質層 24 が形成されてなるものを示した。また、この電極体では、正極板 10 及び負極板 20 の間にセパレータ 30 が介設されている。

【0004】従来の電気二重層キャパシタにおいては、図 8 に示したように、正極 10 の正極活物質層 14 と負極（負極活物質層 24）とが、マクロに見て同じ面積になるように配設されている。すなわち、正極 10 及び負極 20 が、正極活物質層 14 の側端面 14a と負極活物質層 24 の表面 24a とが向き合わないよう配設されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の電気二重層キャパシタにおいては、充放電を多数繰り返すとその充放電特性が低下して寿命となっていたが、その寿命は十分に長いものであるとは言えなかった。本発明は上記実情に鑑みてなされたものであり、上記従来の電気二重層キャパシタよりもさらに寿命を長くすることができる電気二重層キャパシタを提供することを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の請求項 1 に記載の電気二重層キャパシタは、集電体上に正極活物質を含む正極活物質層が形成されてなる正極と、負極とを備えている電気二重層キャパシタにおいて、前記正極と前記負極とが、前記正極活物質層の側端面が全周にわたって負極の表面と向き合うように配設されていることを特徴とする。

【0007】上記課題を解決する本発明の請求項 2 に記載の電気二重層キャパシタは、請求項 1 に記載の電気二重層キャパシタにおいて、前記負極は、前記正極活物質層の前記側端面に対して突出する突出部を有し、かつ該側端面は該突出部の表面と向き合うことを特徴とする。上記課題を解決する本発明の請求項 3 に記載の電気二重層キャパシタは、請求項 2 に記載の電気二重層キャパシタにおいて、前記突出部の突出長さは、前記正極活物質層の側端面での層厚と、該正極活物質層の側端面と該負極の表面との距離とを足し合わせた長さ以上にあることを特徴とする。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明者らは、電気二重層キャパシタで充放電を多数繰り返すとその充放電特性が低下して寿命になってしまう原因を突き止めるべく、正極に注目して鋭意研究を行った。その研究の結果、本発明者らは、上記従来の電気二重層キャパシタにおいては（例えば図 8 に示した電気二重層キャパシタにおいては）、正極活物質層 14 の側端部 14b で正極活物質の結着が外れたり（正極活物質粒子が正極活物質層 14 から遊離したり）、正極活物質層 14 の側端部 14b そのものが集電体から剥離するということに、正極活物質層 14 の側端部 14b での劣化が見られることを発見した。

【0009】本発明者らは、このような正極活物質層の劣化が、電気二重層キャパシタで充放電を多数繰り返すとその充放電特性が低下する一つの要因であるとして、その正極活物質層の側端部での劣化を防止する方法につ

いてさらに鋭意研究を行った。その研究の結果、本発明者らは、前記正極活物質層の側端面が全周にわたって負極の表面と向き合うように、前記正極と該負極とを配設したところ、先述の正極活物質層の側端面（側端面を含む部分）での劣化が抑制されて、電気二重層キャパシタの寿命が長くなることをついに見出した。

【0010】本発明は以上の知見に基づいてなされたものである。本発明の電気二重層キャパシタでは、前記正極活物質層の側端面が全周にわたって負極の表面と向き合うということは、互いに視認し合えるような位置関係にあるという意味である。ここで正極活物質層の側端面と負極の表面との間にセパレータが介在していれば、セパレータを透かして互いに視認し合えるような位置関係にあるという意味になる。また、「全周にわたって」とは、例えば図2に示したような四角形の極板を積層した積層型の場合は、その四角形の四辺（ただし、正極端子に接続される電極リード（タブ）部は除く）という意味であり、また、巻回型の場合は、円柱状とされた巻回体の上面及び下面を形成している帯状正極の上下の辺全部という意味である。

【0011】一方、正極活物質層の側端面と向き合う負極の表面とは、その正極活物質層の側端面と電場を作用させ合うことができ、分極を起こさせることができる表面のことである。また、正極活物質層の側端面とは、その正極活物質層の側端面を少なくとも含む正極活物質層の一部分のことである。

【0012】本発明の電気二重層キャパシタの一例として、図1に示す積層型の電極体を挙げることができる。図1に示す電極体は、正極110と負極120とが、正極110及び負極120の間にセパレータ130を介して交互に積層されている積層型の電極体である。正極110は、集電体112上に正極活物質を含む正極活物質層114が形成されてなる。負極120は、集電体122上に負極活物質を含む負極活物質層124が形成されてなる。この電極体では、正極活物質層114が集電体112に対してテーパ状の側端面114aをもつ正極110を用いることにより、その正極活物質層114の側端面114aを全周にわたって負極の表面（負極活物質層124の表面124a）に向き合わせることができる。

【0013】このように正極及び負極を配設することにより、上述したような正極活物質層の側端面での劣化を抑制することができる。その理由については明らかになっていないが、前記正極活物質層の側端面と前記負極の表面とが電場を作用させ合うことにより、前記正極活物質層の側端面に電場に関する相互作用が働き、正極活物質層の側端面での劣化が抑制されていると考えられる。

【0014】従って、本発明の電気二重層キャパシタによれば、充放電を多数繰り返してもその充放電特性の低下が従来の電気二重層キャパシタよりも抑制され、その

寿命が長くなる。本発明の電気二重層キャパシタは、次の各形態の正極、負極及び電解液をそれぞれ用いて構成することができる。

【0015】正極については、集電体の材質については特に限定されるものではないが、アルミニウムなどの導電性に優れた金属材料を用いることが好ましい。また、その形状についても特に限定されるものではないが、板状であることが好ましく、特に一定の厚さをもつものが好ましい。集電体が板状である場合、その板厚については特に限定されるものではなく、所望の集電性能が得られるように適切に選択する。

【0016】正極活物質の種類については特に限定されるものではなく、公知の正極活物質を用いることができる。ただし、電極活物質には、電解液と化学反応を起こさず、特に充電で分極が起こっても電解液と電気化学的反応を起こさないものを用いる必要がある。従って、使用する電解液に応じて適切に選択する必要がある。また、正極活物質には、比表面積の大きなものを用いることが好ましい。このような要求を満たす電極活物質としては、活性炭などが挙げられる。

【0017】正極活物質層を構成する材料としては、正極活物質の他に結着剤や導電剤を用いることが好ましい。その結着剤の種類については特に限定されるものではないが、セルロースやテフロン（登録商標）などを用いることができ、例えばメチルセルロースを用いることができる。また、導電材の種類についても特に限定されるものではないが、例えばカーボンブラックを用いることができる。

【0018】また、正極活物質層の形成方法についても特に限定されるものではなく、公知の形成方法により形成することができる。例えば、次のようにして正極活物質層を形成することができる。まず、粉末状の正極活物質と導電材と結着剤とを用意し、それらを適切な分散媒に加えて良く混合して分散させ、ペースト状の正極用合剤を調製する。この正極用合剤をシート状の集電体の表面上に所定の塗布方法で一様に塗布して合剤塗布層を成形する。この合剤塗布層を乾燥させて分散媒を除き、正極活物質層とする。必要があれば、さらに適切なプレス成形法によりプレス成形して、形状や密度などを整える。

【0019】負極についても、その材料の構成で特に限定されるものではないが、集電体上に負極活物質を含む負極活物質層が形成されてなるものを用いることが好ましい。この場合、負極活物質の種類については特に限定されるものではなく、公知の負極活物質を用いることができる。負極活物質にも、電解液と化学反応を起こさず、特に充電で分極が起こっても電解液と電気化学的反応を起こさないものを用いる必要がある。従って、使用する電解液に応じて適切に選択する必要がある。また、負極活物質にも、比表面積の大きなものを用いることが好ましく、活性炭など正極と同様の活物質を用いること

ができる。

【0020】負極活物質層を構成する材料としては、負極活物質の他に結着剤や導電剤を用いることが好ましい。それらの結着剤及び導電剤の種類についてはそれぞれ特に限定されるものではなく、正極と同様の材料を用いることができる。また、負極活物質層の形成方法についても特に限定されるものではなく、公知の形成方法により形成することができ、正極と同様の形成方法で負極活物質層を形成することができる。

【0021】さらに、正極及び負極の配置形態についても特に限定されるものではなく、公知のいずれの配置形態にも適用することができるが、例えば、先述したように、積層型の電極体や巻回型の電極体に適用することができる。また、それらの電極体の他に、それぞれシート状の形状をもつ正極板及び負極板が対向されて構成されているものや、それぞれ径の異なる筒状の正極及び負極が互いに同心的に交互に配設されているものなどの配置形態にも適用することができる。

【0022】上記の電極の配置形態では、正極と負極との間にセパレータを介設することが一般的であり、本発明においてもこうしたセパレータを介設することが好ましい。そのセパレータについても公知のものを用いることができ、例えばポリエチレンなどからなるものを用いることができる。電極間に介在する電解液についても、特に限定されるものではなく、公知の電解液を用いることができる。本発明では、電解質の水溶液を用いてもよいし、有機溶媒に支持塩を溶解させた非水電解液を用いてもよい。後者の非水電解液を用いる場合、溶媒には、プロピレンカーボネートなどのカーボネート系の有機溶媒を用いることが好ましい。また、電解質には、 (C, H_2) 、 NBF_4 などのオニウム塩を用いることが好ましい。

【0023】ところで、本発明では、前記負極は、前記正極活物質層の前記側端面に対して突出する突出部を有し、かつ該側端面は該突出部の表面と向き合うことが好ましい。この突出部は、その負極の広がる延伸方向に延びていてもよいし、その延伸方向と角度をなす方向に延びていてもよい。さらに、この突出部は、その延びる方向に対して平面的に延びていてもよいし、曲面的に延びていてもよい。

【0024】このように正極及び負極を配設することにより、正極活物質層の側端面と負極の突出部の表面とを容易に向き合わせることができる。それゆえ、正極活物質層の側端面での劣化を、上記構成の電気二重層キャパシタよりもさらに容易に抑制することができるようになる。その結果、充放電を多数繰り返してもその充放電特性の低下が上記構成の電気二重層キャパシタよりもさらに抑制され、その寿命がさらに長くなる。

【0025】例えば、積層型の電極体を備えた電気二重層キャパシタにおいては、図2及び図3に示すように、

負極220に、正極活物質層214の側端面214aに対して負極220の広がる延伸方向に突出する突出部220aを設けることができる。この電極体では、正極活物質層214の側端面214aと負極220の表面(突出部220aにおける負極活物質層224の表面224a)とを容易に向き合わせることができる。この構成については後述の実施例で詳しく説明する。

【0026】また、本発明では、前記突出部の突出長さ、前記正極活物質層の側端面での層厚と、該正極活物質層の側端面と該負極の表面との距離とを足し合わせた長さ以上にあることが好ましい。例えば、積層型の電極体を備えた電気二重層キャパシタにおいては、図3に示したように負極の突出部の突出長さを L とするとともに、正極活物質層の側端面での層厚を D とし、該正極活物質層の側端面と該負極の表面との距離(セパレータ230の厚み)を W と表すと、 $L/(D+W) \geq 1$ の関係式1を満たすように負極の突出部を設けることが好ましい。なお、 D は、正極活物質層の層厚が一定であれば、正極活物質層の層厚となる。このように正極及び負極を配設することにより、上記構成の電気二重層キャパシタよりも正極活物質層の側端面での劣化をさらに抑制することができるようになる。その結果、充放電を多数繰り返してもその充放電特性の低下が上記構成の電気二重層キャパシタよりもさらに抑制され、その寿命がさらに長くなる。

【0027】上記関係式1は経験的な知見より見出されたものである。ただし、 L が大きすぎると、負極の突出部の先端部に正極から電場が作用しにくくなる。その結果、その突出部の先端部で分極が起こりにくくなって、放電容量が低下してしまう。従って、負極の突出部の全部に正極から電場が容易に作用できるように、 L の長さを適切に設定することが好ましい。

【0028】なお、上記のように、負極に、その延長方向に対して正極活物質層の側端面よりも突出する突出部をもたせると、マクロに見て、正極活物質層の表面積が、その正極活物質層の向き合う側に位置する負極活物質層の表面積よりも小さくなってしまふ。そこで、正極活物質層及び負極活物質層の各表面をそれぞれ微視的に見て、各電極間で最適な分極性が得られるように、それらの層の比表面積をそれぞれ適切に選択することが望ましい。

【0029】上記のように負極に上記突出部をもたせるという電極構造の他の例としては、図4に示すように、正極活物質層314が集電体312に対してテーパ状の側端面314aをもつ正極310を用い、負極320に、正極活物質層314の側端面314aに対してその負極の広がる延伸方向に突出する突出部320aをもたせることもできる。なお、330はセパレータである。

【0030】また、正極端子に接続されるタブが正極に設けられる電極体部分の他の部分においては、図5に示

すように、負極 420 の突出部 420a を正極活物質層 414 の側端面 414a に覆い被さるように設けてもよい。このような突出部 420a は、例えば、積層型の電極体を備えた電気二重層キャパシタにおいては、図 6 に示すように正極 410 及び負極 420 を、それらの間にセパレータ 430 を介設して積層した後、負極の突出部 420a をセパレータ 430 の突出部 430a とともに矢印の方向に折り曲げて形成することができる。なお、負極 420 は、集電体 422 と負極活物質層 424 とからなる。

【0031】一方、上記構成の本発明の電気二重層キャパシタにおいては、正極活物質層の向き合う負極の表面と、その正極活物質層の側端面がその向き合う負極の表面の側に延長された延長面とが互いに所定角度以内の角度をなすことが好ましい。図 1 に示した電気二重層キャパシタにおいては θ_1 がその角度に相当し、図 4 に示した電気二重層キャパシタにおいては θ_2 がその角度に相当する。

【0032】その所定角度としては特に限定されるものではないが、正極活物質層の側端面とその向き合う負極の表面とが互いに電場を作用し合うことのできる上限角度であることが好ましい。このように正極及び負極を配設することにより、上記構成の電気二重層キャパシタよりも、正極活物質層の側端面での劣化をさらに抑制することができるようになる。

【0033】特に、その所定角度が 90° 以内では、前記正極活物質層の側端面と前記負極の表面との間で互いに電場を作用させ合わせることが容易となる。従って、その上限角度としては 90° であることが好ましい。

【0034】

【実施例】以下、実施例により本発明を具体的に説明する。本実施例の電気二重層キャパシタは、図 2 に示したように、それぞれ方形状の正極 210 と負極 220 とが、正極 210 及び負極 220 の間にセパレータ 230 を介設して交互に積層されている積層型の電極体を備えた電気二重層キャパシタである。

【0035】正極 210 は、集電体 212 上に正極活物質を含む正極活物質層 214 が形成されてなる。正極活物質層 214 は、0.05 mm の層厚を一定に有する層である。セパレータは、0.05 mm の厚みを一定に有するものである。負極 220 は、集電体 222 上に負極活物質を含む負極活物質層 224 が形成されてなる。

【0036】実施例 1～4 の各電気二重層キャパシタにおいては、いずれも負極 220 に、正極活物質層 214 の側端面 214a に対してその負極 220 の広がる延伸方向に突出する突出部 220a をそれぞれ異なる突出長さで設けた。ここで、図 2 に示したように、突出部 220a の突出長さを L と表すとともに、正極活物質層 214 の層厚を D とし、正極活物質層 214 の側端面 214a と負極活物質層 224 の表面 224a との距離（セ

パレータ 230 の厚み) を W と表して、実施例 1～4 の各電気二重層キャパシタの $L/(D+W)$ の値を表 1 にそれぞれ示す。

【0037】これらの電気二重層キャパシタの正極 210 及び負極 220 には、それぞれ次のようにして形成されたものを用いた。また、セパレータ 230 は、ポリエチレンからなる多孔質膜を用いた。さらに、電解液（図示せず）には、正極 10 及び負極 220 の形成方法の後に説明するように、有機溶媒に支持塩を溶解して調製した非水電解液を用いた。

【正極 210 の形成方法】正極活物質である活性炭 (AC) と、導電材であるカーボンブラック (CB) と、結着剤であるメチルセルロース (MC) とをそれぞれ所定の重量割合 (AC:CB:MC=24:3:3) で、分散媒である N-メチル-ピロリドン (NMP) に加えてよく混練し、正極用合剤を調製した。この正極用合剤を、シート状の集電体 212 (アルミ箔) の両面上に、所定の塗布法により所定の厚さで一様に塗布して合剤塗布層を形成した。この合剤塗布層を、所定の乾燥方法により乾燥した後、所定のプレス成形法により所定の厚さにプレス成形して所定の密度とした。こうして正極 210 をそれぞれ所定の枚数形成した。

【負極 220 の形成方法】正極 210 と同様の方法により負極 220 を所定枚数形成した。なお、上記実施例の電気二重層キャパシタにおいては、いずれも電極の積層方向に対して両端に配設される電極を負極 220 を配設した。この両端に配設される負極 220 については、集電体 222 の正極 210 側の片面のみに負極活物質層 224 を形成したのものを用いた。

【電解液の調製方法】支持塩であるテトラエチルアンモニウムテトラフルオロホウ素 (C_4H_9), NBF_4) を、有機溶媒にプロピレンカーボネート (PC) とジメトキシエタン (DME) とを所定の体積割合で混合した混合有機溶媒に所定の濃度で溶解して電解液を調製した。

(比較例 1) また、上記実施例の電気二重層キャパシタの比較例として、図 7 及び図 8 に示したように、正極 10 の正極活物質層 14 と負極活物質層 24 とが、マクロに見て同じ面積になるように配設されている他は、使用材料及び形成方法が同じ積層型の電極体と、上記実施例と同じ電解液とを備えた電気二重層キャパシタを作製した。すなわち、上記実施例のように負極 220 に突出部 220a をもたせることをせず、 $L/(D+W)=0$ となるように正極 10 及び負極 20 を配設した。

【試験方法】上記実施例 1～4、並びに比較例 1 の各電気二重層キャパシタについて、それぞれ次の条件で充放電試験を行った。

【0038】 70°C の雰囲気温度で、 0.1 W/F の定電力による充放電を、1.5 V から 2.5 V の電圧範囲で 10 万サイクル実施した。この充放電試験の後、各電気

二重層キャパシタの正極活物質層の側端面において、正極活物質の結着が外れたり（正極活物質粒子が正極活物質層 214 から遊離したり）、正極活物質層 214 の側端部そのものが集電体 212 から剥離するというような正極活物質層の側端部での劣化が見られるかどうか調べた。その結果、表 1 に示したような調査結果を得た。

【0039】

【表 1】

	$L / (D + W)$	側端部の剥離の有無
比較例 1	0	有り
実施例 1	0.4	やや有り
実施例 2	0.8	やや有り
実施例 3	1.2	無し
実施例 4	1.6	無し

表 1 の調査結果より、実施例 1 及び実施例 2 の電気二重層キャパシタにおいては、正極活物質層 214 の側端部 214b での劣化がやや見られたものの、比較例 1 に比べればそれらの劣化の度合いは低いものであることがわかった。一方、実施例 3 及び実施例 4 の電気二重層キャパシタにおいては、正極活物質層 214 の側端部 214b での劣化は見られなかった。

【0040】以上のように、実施例 1～4 の電気二重層キャパシタについての各充放電試験の結果から、負極 220 に、正極活物質層 214 の側端面 214a に対して負極 220 の広がる延伸方向に突出する突出部 220a をもたせて、正極活物質層 214 の側端面 214a が全周にわたって負極 220 の表面（突出部 220a における負極活物質層 224 の表面 224a）と向き合うように配設することにより、正極活物質層 214 の側端面 214a において、正極活物質層 214 の側端部 214b での劣化を抑制することができることが明らかである。

【0041】特に、実施例 3 及び実施例 4 の電気二重層キャパシタにおいては、 $L / (D + W) \geq 1$ の関係式が満たされている。すなわち、負極 220 の突出部 220a の突出長さを、正極活物質層 214 の側端面 214a での層厚と、正極活物質層 214 の側端面 214a と負極 220 の表面（負極活物質層 224 の表面 224a）との距離とを足し合わせた長さ以上に設定することによ

り、正極活物質層 214 の側端部 214b での劣化を防止することができることが明らかである。

【0042】ただし、負極 220 の突出部 220a の突出長さが 1mm 以上になると、負極 220 の突出部 220a の先端部に正極 210 から電場が作用しにくくなる。従って、負極 220 の突出部 220a の突出長さ l を、 $l / (D + W) \leq 10$ の式を満たすように適切に選択することが望ましい。

【図面の簡単な説明】

10 【図 1】 本発明の電気二重層キャパシタの一例について、その電極体の側端部の一部を概略的に示す断面図である。

【図 2】 本発明の電気二重層キャパシタの一例（実施例の電気二重層キャパシタ）について、その電極体の側端部の一部を概略的に示す断面図である。

【図 3】 図 2 に示した電気二重層キャパシタについて、その電極体の正面から正極板及び負極板の配置形態を透視して見た様子を概略的に示す透視図である。

20 【図 4】 本発明の電気二重層キャパシタの一例について、その電極体の側端部の一部を概略的に示す断面図である。

【図 5】 本発明の電気二重層キャパシタの一例について、その電極体の側端部の一部を概略的に示す断面図である。

【図 6】 図 5 に示した電気二重層キャパシタの形成において、電極体の形成過程を概略的に示す電極体の側端部の一部の断面図である。

30 【図 7】 従来の電気二重層キャパシタの一例（比較例 1 の電気二重層キャパシタ）について、その電極体の様子を示す斜視図である。

【図 8】 図 8 に示した従来の電気二重層キャパシタについて、その電極体の側端部の一部を概略的に示す断面図である。

【符号の説明】

210：正極板

212：集電体

214：正極活物質層 214a：側端面 214b：側端部

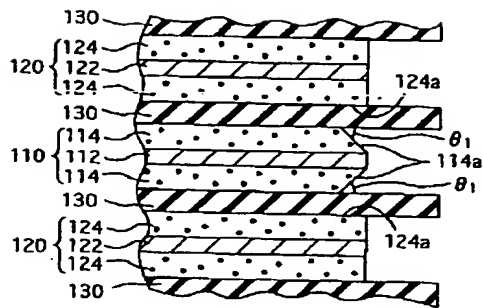
220：負極板 220a：突出部

40 222：集電体

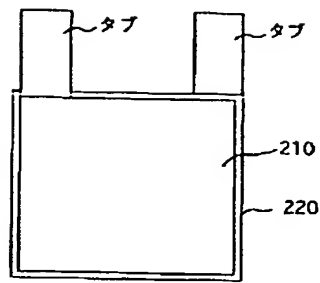
224：負極活物質層 224a：表面

230：セパレータ

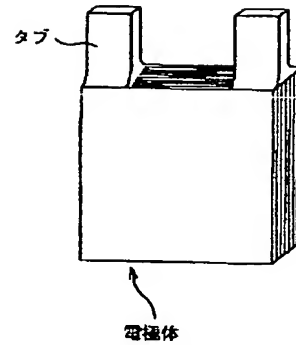
【図1】



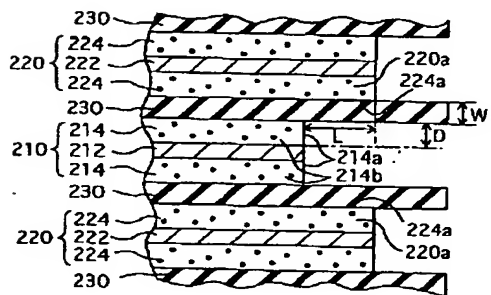
【図2】



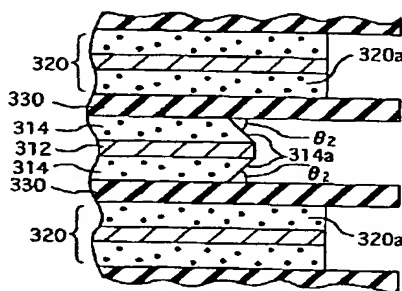
【図7】



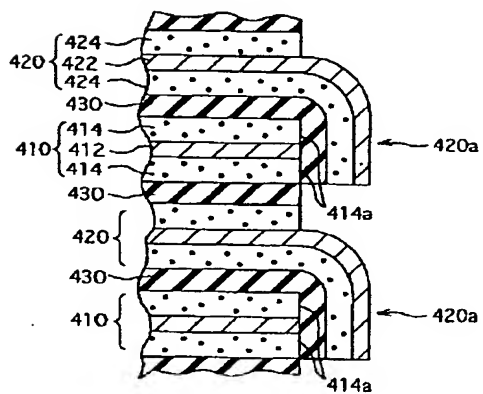
【図3】



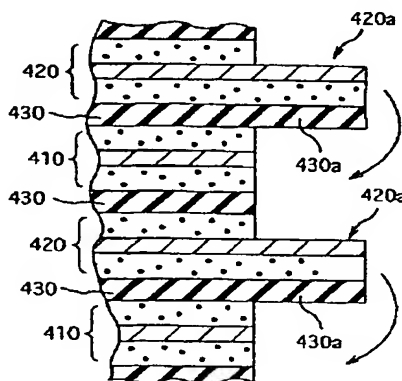
【図4】



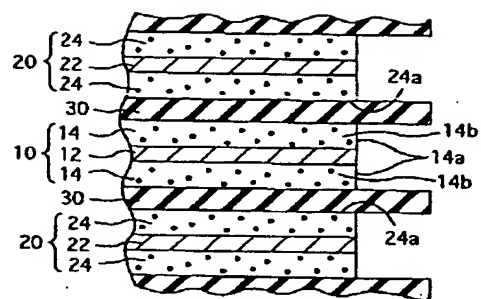
【図5】



【図6】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.